

Perbandingan Volume dan Harga Material Baja *Lattice Tower Lightning Protection System* dengan Tekla Structures (Studi Kasus: PT. Kilang Pertamina Internasional)

Suryadi Kusumah¹, Ervina Yulianti²

Universitas Dian Nusantara, Indonesia

Coessponding author: kusumasteel@gmail.com*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan volume dan harga material baja pada *Lattice Tower Lightning Protection System* menggunakan dua metode: konvensional dan Tekla Structures. Dalam dunia konstruksi, perhitungan volume material yang akurat sangat penting untuk memastikan efisiensi biaya dan daya saing dalam tender proyek. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis kuantitatif komparatif, yang memungkinkan peneliti untuk mengevaluasi perhitungan volume material dan estimasi harga fabrikasi secara sistematis. Data diperoleh dari PT Kilang Pertamina Internasional dan diolah menggunakan kedua metode tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa volume material yang dihitung dengan metode konvensional mencapai 5.718,18 kg, sedangkan metode Tekla Structures menghasilkan volume yang lebih rendah, yaitu 5.593,40 kg. Selisih volume sebesar 124,78 kg ini berimbas pada perbedaan harga, di mana total biaya yang dihitung menggunakan metode konvensional mencapai Rp 144.570.713,84, sementara metode Tekla Structures menghasilkan total biaya sebesar Rp 141.415.945,42. Dengan demikian, penelitian ini menyimpulkan bahwa penggunaan Tekla Structures lebih efisien dalam perhitungan volume dan harga material, sehingga dapat meningkatkan daya saing perusahaan dalam tender proyek fabrikasi baja.

Kata kunci: *Lattice Tower*, sistem proteksi petir, *Tekla Structures*, metode konvensional, perbandingan volume.

Abstract

This study aims to compare the volume and price of steel materials in Lattice Tower Lightning Protection System using two methods: conventional and Tekla Structures. In the construction world, accurate calculation of material volume is very important to ensure cost efficiency and competitiveness in project tenders. The method used in this study is comparative quantitative analysis, which allows researchers to systematically evaluate material volume calculation and fabrication price estimation. Data was obtained from PT Kilang Pertamina Internasional and processed using both methods. The results showed that the volume of material calculated using the conventional method reached 5,718.18 kg, while the Tekla Structures method produced a lower volume of 5,593.40 kg. This volume difference of 124.78 kg resulted in a price difference, where the total cost calculated using the conventional method reached Rp 144,570,713.84, while the Tekla Structures method resulted in a total cost of Rp 141,415,945.42. Thus, this study concludes that the use of Tekla Structures is more efficient in calculating the volume and price of materials, thus increasing the company's competitiveness in tendering for steel fabrication projects.

Keywords: *Lattice Tower*, lightning protection system, *Tekla Structures*, conventional method, volume comparison.

PENDAHULUAN

Sektor konstruksi memiliki peran strategis dalam pertumbuhan ekonomi Indonesia, sebagaimana tercermin dari meningkatnya jumlah proyek infrastruktur yang dilakukan oleh sektor publik maupun swasta (FatchulnMu'in, 2019; Sholeh, 2023; Sulaiman, 2016). Pembangunan ini mencakup berbagai proyek, termasuk konstruksi menara rangka baja, yang semakin banyak diterapkan dalam berbagai industri. Salah satu aplikasinya adalah dalam sistem proteksi petir, yang berfungsi melindungi fasilitas industri dari bahaya sambaran petir. Menara rangka baja umumnya terdiri dari material seperti profil baja siku, pelat baja, dan baut, yang pemilihannya disesuaikan dengan spesifikasi teknis proyek. Pada industri minyak dan gas, seperti yang dilakukan di PT Kilang Pertamina Internasional, menara ini menjadi elemen penting dalam perlindungan fasilitas penyimpanan. Dalam proses pengadaan material, perusahaan fabrikasi baja yang memenuhi persyaratan akan mengikuti proses tender dan mengajukan penawaran harga berdasarkan perhitungan volume material masing-masing pihak perusahaan. Namun, variasi dalam metode perhitungan volume dapat menyebabkan perbedaan estimasi harga, sehingga mempengaruhi daya saing perusahaan dalam tender proyek.

Secara umum, estimasi harga material dihitung berdasarkan total berat material yang dikalikan dengan harga satuan per kilogram (Emanuel & Prayogo, 2023; Handayani et al., 2021; Tjioetama et al., 2018). Secara teknis untuk mendapatkan volume material perlu melakukan perhitungan yang detail dan dalam hal ini terdapat dua metode utama dalam menentukan volume material, yaitu metode konvensional dan metode berbasis *Building Information Modeling* (BIM) dengan perangkat lunak *Tekla Structures* (Mahamood & Fathi, 2022). Namun, metode konvensional lebih sering digunakan karena kesederhanaannya, tetapi berisiko menghasilkan estimasi yang kurang akurat. Sebaliknya, metode berbasis *Tekla Structures* menawarkan akurasi yang lebih tinggi dalam perhitungan volume, meskipun membutuhkan sumber daya yang lebih besar dalam prosesnya (Pardosi & Khatimi, 2022a, 2022b). Ketidaktepatan dalam perhitungan volume material dapat berdampak terhadap penawaran harga yang diajukan seperti dalam *tender*, yang pada akhirnya dapat memengaruhi profitabilitas perusahaan jika penawaran harga tersebut tidak dimenangkan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk membandingkan hasil perhitungan volume dan estimasi harga material menggunakan metode konvensional dan metode berbasis *Tekla Structures* (Arrafi et al., 2023; Arystianto & Kurniawan, 2021; Azari et al., 2022; Fadillah, 2022). Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan yang lebih mendalam mengenai metode perhitungan yang lebih akurat dan optimal serta menjadi optimasi perhitungan khususnya proyek fabrikasi struktur atas *Lattice Tower Lightning Protection System*.

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, penelitian ini mengidentifikasi beberapa permasalahan utama yang menjadi fokus. Pertama, penelitian ini bertujuan untuk menghitung volume material baja pada struktur atas *Lattice Tower Lightning Protection System* dengan membandingkan metode konvensional dan metode berbasis *Building Information Modeling* (BIM) yang menggunakan perangkat lunak *Tekla Structures*. Kedua, penelitian ini akan menghitung harga pengadaan material baja untuk fabrikasi berdasarkan hasil perhitungan volume yang diperoleh dari kedua metode tersebut. Selanjutnya, penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kedua metode

perhitungan volume dan harga material guna menentukan metode yang lebih tepat, efisien, dan memiliki keunggulan dalam pengadaan *material Lattice Tower Lightning Protection System*.

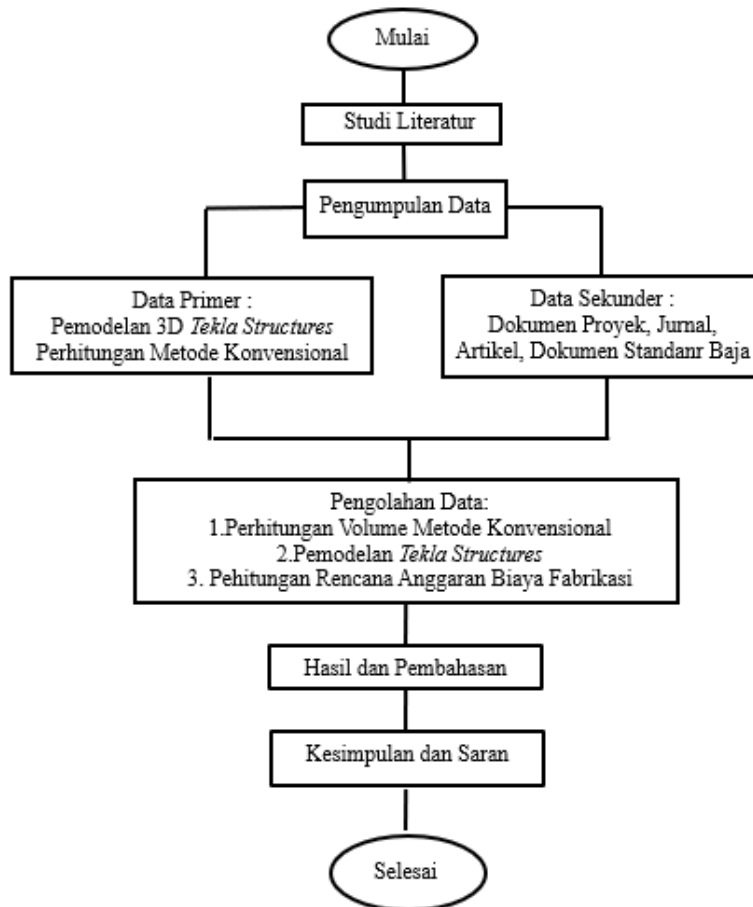
Penelitian sebelumnya, seperti yang dilakukan oleh Sthanu et al. (2022), menganalisis perbandingan volume pekerjaan struktur menggunakan Tekla Structures dan metode konvensional pada proyek pembangunan gedung, menunjukkan bahwa penggunaan Tekla Structures menghasilkan estimasi yang lebih akurat dan efisien. Selain itu, penelitian oleh Soebandono et al. (2022) juga menggarisbawahi efektivitas implementasi Building Information Modeling (BIM) dalam meningkatkan kualitas perencanaan dan pengawasan konstruksi. Sanjaya dan Martina (2024) menambahkan bahwa dalam perbandingan volume struktur Harbour Road II, metode BIM menunjukkan penghematan biaya dan waktu dibandingkan dengan metode konvensional. Dari hasil-hasil ini, dapat disimpulkan bahwa penggunaan teknologi BIM, khususnya Tekla Structures, memberikan keunggulan signifikan dalam akurasi perhitungan dan efisiensi biaya. Kebaruan dari penelitian ini terletak pada fokus spesifiknya terhadap sistem proteksi petir pada struktur Lattice Tower, serta analisis kuantitatif komparatif yang mendalam antara dua metode perhitungan yang belum banyak dieksplorasi dalam konteks industri konstruksi di Indonesia.

Maksud dan tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui hasil perhitungan volume material antara metode konvensional dan metode *Tekla Structures* pada struktur atas *Lattice Tower Lightning Protection System*. Selain itu, penelitian ini bertujuan untuk menghitung harga material berdasarkan volume yang diperoleh dari kedua metode perhitungan. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat menentukan metode perhitungan yang lebih sesuai untuk meningkatkan daya saing perusahaan dalam tender proyek fabrikasi baja struktur atas *Lattice Tower Lightning Protection System*, berdasarkan perbandingan hasil perhitungan volume dan harga material.

Hasil penelitian ini diharapkan memberikan manfaat yang signifikan bagi berbagai pihak, termasuk akademisi, praktisi industri, dan masyarakat umum. Penelitian ini dapat berfungsi sebagai acuan dalam perhitungan volume dan harga material baja secara lebih optimal, yang pada gilirannya dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam pengadaan material untuk proyek-proyek terkait. Selain itu, hasil penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi pada pengembangan ilmu pengetahuan dan praktik terbaik dalam bidang fabrikasi struktur baja.

METODE PENELITIAN

Bagan Alur Penelitian



Gambar 1. Bagan Alur Penelitian

Jenis Penelitian

Pada penelitian ini, metode yang digunakan difokuskan pada analisis kuantitatif komparatif untuk mengevaluasi perbandingan volume material dan estimasi harga fabrikasi baja *Lattice Tower Lightning Protection System*. Fabrikasi baja merupakan salah satu tahapan penting dalam proyek konstruksi yang memerlukan perhitungan volume material yang tepat agar dapat mengoptimalkan harga produktif, serta memastikan proyek berjalan dengan baik. Kesalahan dalam perhitungan volume material dapat berdampak pada kelebihan harga yang diberikan kepada owner. Oleh karena itu, metode perhitungan yang digunakan menentukan harga yang akan diberikan kepada owner.

Dalam penelitian ini, menggunakan dua metode utama digunakan untuk mendapatkan nilai volume material untuk estimasi harga, yaitu:

1. Metode Konvensional : Perhitungan manual berdasarkan rumus geometri, berat jenis baja dan dari table baja.
2. Metode Tekla Structures : Menggunakan software berbasis *Building Information Modeling* (BIM) yang dapat menghasilkan data volume material secara otomatis melalui pemodelan 3D yang dilakukan.

Perbandingan antara kedua metode tersebut bertujuan untuk mengevaluasi tingkat perhitungan yang lebih optimal terhadap estimasi harga fabrikasi baja. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memberikan analisis kuantitatif terhadap perbedaan hasil perhitungan, tetapi juga mengevaluasi keunggulan teknologi BIM dalam fabrikasi baja dibandingkan dengan metode konvensional.

Lokasi dan Objek Penelitian

Penelitian ini dilakukan di kantor PT Centralindo Mandiri Perkasa yang berlokasi di Pergudangan Sigma Kartika Gunung Sindur, yaitu sebuah perusahaan yang bergerak di bidang fabrikasi baja, yang bertanggung jawab atas proses fabrikasi rangka menara sistem proteksi petir untuk proyek Pertamina jika terpilih sebagai pemenang tender. Objek penelitian adalah struktur atas rangka menara baja yang akan digunakan dalam sistem proteksi petir pada fasilitas industri minyak dan gas RU III Plaju. Penelitian ini tidak dilakukan di lokasi proyek secara langsung, melainkan di kantor PT Centralindo Mandiri Perkasa dengan fokus pada analisis perhitungan Volume material dan estimasi harga fabrikasi baja. Data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari dokumen teknis pemilik proyek, baik spesifikasi material maupun gambar desain.

Tahapan Pengolahan Data

Setelah data volume diperoleh, tahap selanjutnya adalah menganalisis hasil perhitungan dengan melakukan perbandingan antara metode konvensional dan *Tekla Structures*. Analisis dilakukan dalam tiga aspek utama yaitu:

1. Analisis perbandingan volume material

- a. Menghitung selisih antara volume yang diperoleh dari metode konvensional dan metode *Tekla Structures*.
- b. Rumus Perhitungan Selisih Volume:

Selisih Volume = Volume Konvensional – Volume *Tekla Structures*

$$\text{Persentase Selisih} = \left(\frac{\text{Selisih Volume}}{\text{Volume konvensional}} \right) \times 100\%$$

2. Analisis perbedaan harga material baja

Analisis perbedaan ini dilakukan untuk mengetahui selisih yang dihasilkan oleh perhitungan metode konvensional dan *Tekla Structures* dengan cara sebagai berikut :

- a. Membandingkan nilai harga proyek untuk fabrikasi yang diperoleh dari perhitungan volume kedua metode tersebut diatas.
- b. Rumus Perhitungan Total Harga Fabrikasi Baja yaitu :

$$C_{\text{total}} = C_{\text{bahan}} + C_{\text{tenaga kerja}} + C_{\text{galvanis}} + C_{\text{peralatan}} + C_{\text{packing}} + C_{\text{profit}} + C_{\text{waste}}$$
- c. Menentukan apakah metode berbasis BIM menggunakan *Tekla Structures* dapat menghemat harga dibandingkan metode konvensional.

Tahapan Kesimpulan dan Pelaporan

Tahap akhir dalam penelitian ini adalah menyusun kesimpulan berdasarkan hasil analisis data dengan uraian sebagai berikut:

1. Menyimpulkan hasil perbandingan
2. Memaparkan kelebihan dan kekurangan metode perhitungan yang digunakan untuk fabrikasi baja.
3. Menyusun laporan hasil penelitian dalam format skripsi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Lattice Tower Lightning Protection System atau menara proteksi petir merupakan struktur rangka baja yang dirancang untuk melindungi fasilitas industri minyak dan gas di wilayah Pertamina dari sambaran petir (Elektro & Bali, 2019; Karsun et al., 2023). Proses fabrikasi menara baja ini terlebih dalam aspek perhitungan volume material sangat penting, karena akan berpengaruh langsung terhadap perhitungan harga material yang dibuat untuk penawaran harga terlebih dalam proses tender. Oleh karena itu perhitungan volume yang tepat sangat menentukan apakah harga yang dibuat dan dijuakan cukup kompetitif.

Dalam penelitian ini, dilakukan perbandingan dua metode perhitungan volume dan harga material fabrikasi:

1. Metode Konvensional
 - a. Perhitungan berdasarkan gambar perencanaan berbentuk 2D dengan perhitungan manual menggunakan rumus volume $\times$ densitas baja dan tabel berat baja serta standar (SNI 1729:2020, ASTM, AISC 360-16).
 - b. Memerlukan simulasi manual terhadap gambar desain, sehingga potensi kesalahan perhitungan akibat human error lebih besar.
2. Metode Berbasis BIM dengan *Tekla Structures*
 - a. Menggunakan pemodelan 3D struktur menara pada *Tekla Structures* untuk menghasilkan volume material secara otomatis
 - b. Perhitungan volume yang dihasilkan terintegrasi sesuai pemodelan, karena mempertimbangkan pemotongan, sambungan, dan geometri asli dari struktur yang dibuat.

Data Teknis *Lattice Tower Lightning Protection System*

Data teknis dari menara sistem proteksi petir ini meliputi data umum desain rencana, spesifikasi material utama, serta acuan standar desain perencanaan. Informasi ini digunakan sebagai dasar dalam proses perhitungan volume material, pemodelan struktur menggunakan *Tekla Structures*, dan estimasi biaya fabrikasi.

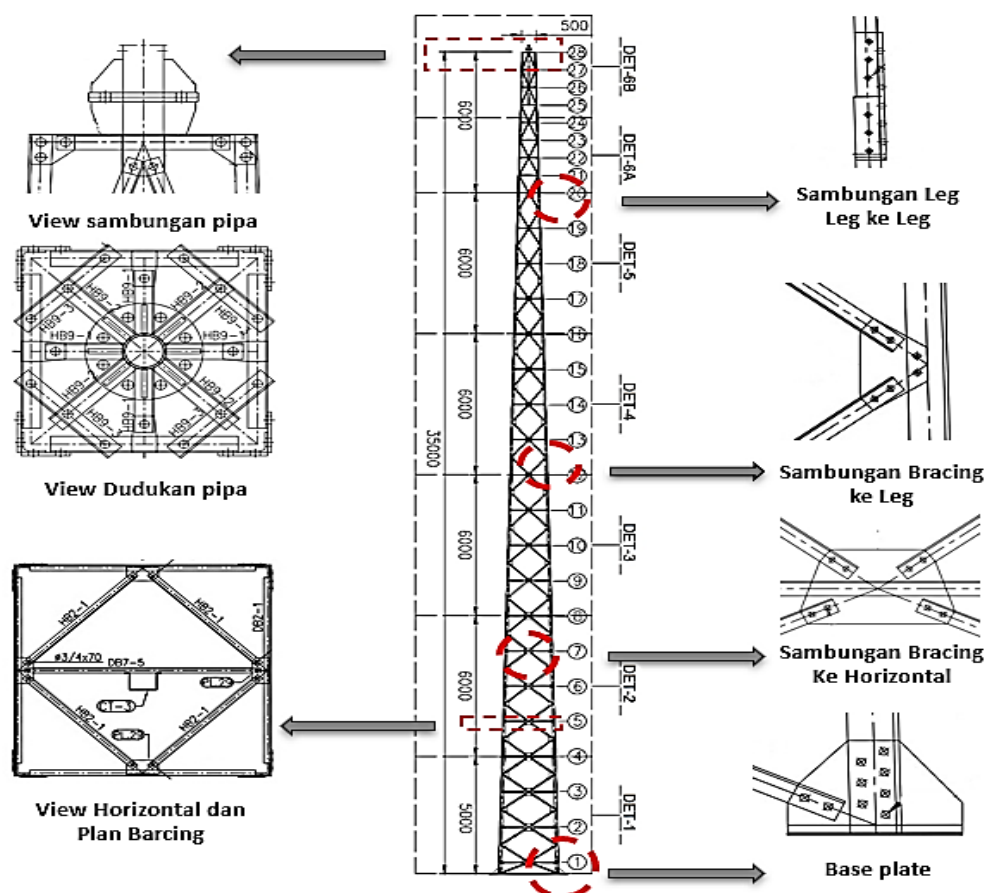
Data Umum Desain Rencana

Data umum desain rencana mencakup parameter, spesifikasi struktur menara yang dapat dilihat tabel 1. berikut:

Tabel 1. Data Umum Desain *Lattice Tower Lightning Protection System*

Parameter	Spesifikasi
Fungsi Struktur	Menara Sistem Proteksi Petir
Jenis Struktur	Rangka Baja Profil
Tinggi Menara	35 meter
Jumlah Kaki (Legs)	4
Jenis Sambungan	Pelat dan Baut sebagai sambungan utama
Jenis Pekerjaan	Fabrikasi pemotongan, pengelasan dan pengeboran material baja
Lokasi Pemasangan	Wilayah Pertamina RU III Plaju
Metode Instalasi di Lapangan	Dirakit dan dipasang secara bertahap sesuai modular fabrikasi (gambar ereksi)

Sumber : Dokumen Proyek PT Lancang Kuning Sukses

**Gambar 2. *Lattice Tower Lightning Protection System***

Sumber: Dokumen Proyek PT Lancang Kunig Sukses

Data Material Struktur

Material yang digunakan dalam menara sistem proteksi petir (*Latticer Tower Lightning Protection System*) adalah sebagai berikut :

Tabel 2. Data material *Lattice Tower Lightning Protection System*

No	Jenis Material	Standar Spesifikasi	Keterangan
1	Baja Siku (<i>L-Profile</i>)	ASTM A36/JIS G3101/ SS41/SS400/Setara	Material utama untuk kaki dan rangka menara
2	Pelat Baja (<i>Steel Plate</i>)	ASTM A36/JIS G3101/ SS41/SS400/Setara	Digunakan untuk sambungan dan pelat dasar (base plate)
3	Baut & Mur (<i>Bolts & Nuts</i>)	ASTM A 194 Grade 2H/ ASTM A325/ISO 898-1 Grade 8.8	Sambungan utama antar elemen rangka menara
4	Pipa Baja (<i>Hollow Section</i>)	ASTM A53 Grade B ERW SCH40 / Setara	Digunakan sebagai struktur pendukung tambahan
5	Angkur (<i>Anchor Bolt</i>)	ASTM A193 Grade B-7 / Setara	Digunakan sebagai sistem penjangkaran ke fondasi
6	Lapisan Galvanis	ASTM A123	Hot-dip galvanizing untuk perlindungan terhadap korosi

Sumber : Dokumen KAK PT Kilang Pertamina Internasional

Perhitungan Volume Material

Tujuan utama dari bagian ini adalah untuk menentukan total berat baja yang digunakan dalam fabrikasi rangka menara, serta menganalisis perbedaan hasil perhitungan antara metode konvensional dan *Tekla Structures*

Perhitungan Volume Menggunakan Metode Konvensional

Metode konvensional dilakukan dengan menghitung total panjang setiap elemen struktur berdasarkan gambar 2D yang bisa dihasil dari *software AutoCAD* atau sejenisnya yang diberikan dalam bentuk dokumen PDF kepada perusahaan terkait, lalu dilakukan perhitungan volume.

Perhitungan Volume dengan Metode Konvensional (Data dari Owner)

Sebelum berlanjut ke hasil perhitungan ada baiknya mengetahui langkah-langkah dalam perhitungan metode konvensional, adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi jenis dan ukuran material yang digunakan seperti profil siku, pelat baja, pipa baja, baut dan material lainnya seperti angkur.
2. Menghitung panjang total masing-masing elemen berdasarkan gambar.
3. Menggunakan tabel berat baja standar yang biasa digunakan seperti standar SNI 1729:2020, ASTM, AISC 360-16 maupun dari sumber lainnya (tabel berat baja dari pemasok dan *website*) untuk mengetahui berat per meter dari tiap elemen.
4. Mengalikan panjang total dengan berat per meter atau menggunakan luas area material untuk mendapatkan total berat per jenis material.
5. Menambahkan faktor *waste material* (biasanya 3% - 5%) untuk memperhitungkan sisa pemotongan dan material yang tidak terpakai.

Dan berikut ini adalah data perhitungan konvensional dengan konversi berat satuan kilogram yang sudah penulis rekap berdasarkan penggunaan jenis material. Sebagai informasi data menggunakan perhitungan volume yang dikeluarkan oleh pemberi proyek atau owner.

Tabel 3. Rekapitulasi Data Perhitungan Volume Profil Baja Siku

No.	Jenis Profil	Panjang Total (m)	Berat per Meter (kg/m)	Total Berat (kg)
1	L.120x120x12	21.39	21.67	463.53
2	L.100x100x10	48	15.10	655.20
3	L.90x90x9	Data Profil ini tidak dimasukkan ke dalam BOM		
4	L.70x70x7	24.00	7.38	177.19
5	L.60x60x6	126.40	5.42	684.72
6	L.50x50x5	237.56	3.77	774.69
7	L.40x40x4	256.72	2.42	617.59
Total berat baja siku				3372.85

Sumber: Data *Bill of Material Owner***Tabel 4. Rekapitulasi Data Perhitungan Volume Pelat Baja**

No.	Ketebalan Pelat (mm)	Luas Total (m ²)	Berat per m ² (kg/m ²)	Total Berat (kg)
1	3	0.49	-	11.68
2	8	23.67	78.5	602.07
3	10	22.35	78.5	975.70
4	12	Data Pelat tidak dimasukkan ke dalam BOM		
5	24	0.36	-	67.82
Total berat pelat baja				1657.29

Sumber: Data *Bill of Material Owner***Tabel 5. Rekapitulasi Data Perhitungan Volume Pipa**

No.	Ukuran Pipa	Panjang Total (m)	Berat per Meter (kg/m)	Total Berat (kg)
1	Ø 3"	-	11.30	33.90
Total berat plat baja				33.90

Sumber: Data *Bill of Material Owner***Tabel 6. Rekapitulasi Data Perhitungan Volume Baut**

No.	Ukuran Baut (Diameter)	Panjang (mm)	Jumlah Baut (unit)	Berat per Unit (kg/unit)	Total Berat (kg)
1	3/4"	70	1256	0.32	401.92
2	5/8"	60	144	0.16	23.04
3	5/8"	45	1832	0.13	245.49
Total berat baut					670.45

Sumber: Data *Bill of Material Owner*

Setelah dilakukan perhitungan yang sudah dikelompokkan berdasarkan masing-masing jenis material, maka langkah selanjutnya adalah merangkum total berat seluruh elemen struktural dalam menara sistem proteksi petir. Rekapitulasi ini mencakup total berat dari profil baja siku, pelat baja, baut, pipa baja, dan angkur yang telah dihitung sebelumnya.

Tabel 7. Rekapitulasi Total Volume Seluruh Struktur

No.	Jenis Material	Total Berat (kg)	Total Berat (Ton)
1	Profil Baja Siku	3372.85	3.37285
2	Pelat Baja	1657.29	1.65729
3	Pipa Baja	33.90	0.03390
4	Baut	670.45	0.67045
Total Berat Material		5734.49	5.73449

Sumber: Data *Bill of Material Owner*

Perhitungan Volume dengan Metode Konvensional oleh Penulis

Untuk mengetahui lebih lanjut terkait perhitungan metode konvensional, penulis melakukan perhitungan sendiri sebagai dasar perbandingan lanjutan dari perhitungan metode konvensional, untuk berat baja material penulis menggunakan tabel berat baja.

Tabel 8. Rekapitulasi Data Perhitungan Volume Profil Baja Siku

No.	Jenis Profil	Panjang Total (m)	Berat per Meter (kg/m)	Total Berat (kg)
1	L.120x120x12	21.400	21.61	426.45
2	L.100x100x10	24.00	14.9	357.60
3	L.90x90x9	24.00	12.17	292.08
4	L.70x70x7	24.00	7.40	177.60
5	L.60x60x6	126.48	5.41	684.26
6	L.50x50x5	124.32	3.77	468.69
7	L.40x40x4	352.898	2.39	843.43
Total berat baja siku				3286.10

Sumber: Perhitungan Metode Konvensional Penulis

Tabel 9. Rekapitulasi Data Perhitungan Volume Pelat Baja

No.	Ketebalan Pelat (mm)	Luas Total (m ²)	Berat per m ² (kg/m ²)	Total Berat (kg)
1	3	4	2.29	9.17
2	8	7.19	74.58	536.52
3	10	6.53	177.55	1159.91
4	12	2.54	6.28	16.00
5	24	4	27.20	108.82
Total berat pelat baja				1830.42

Sumber: Perhitungan Metode Konvensional Penulis

Tabel 10. Rekapitulasi Data Perhitungan Volume Pipa

No.	Ukuran Pipa	Panjang Total (m)	Berat per m ² (kg/m)	Total Berat (kg)
1	Ø 3"	2.35	11.30	26.56
Total berat plat baja				26.56

Sumber: Perhitungan Metode Konvensional Penulis

Tabel 11. Rekapitulasi Data Perhitungan Volume Baut

No.	Ukuran Baut (Diameter)	Panjang (mm)	Jumlah Baut (unit)	Berat per Unit (kg/unit)	Total Berat (kg)
1	3/4"	70	1256	0.27	343.11
2	5/8"	60	144	0.14	19.46
3	5/8"	45	1832	0.11	196.22
Total berat baut					558.79

Sumber: Perhitungan Metode Konvensional Penulis

Tabel 12. Rekapitulasi Total Volume Seluruh Struktur

No.	Jenis Material	Total Berat (kg)	Total Berat (Ton)
1	Profil Baja Siku	3286.10	3.37282
2	Pelat Baja	1830.42	1.71127
3	Pipa Baja	26.56	0.03390
4	Baut	558.79	0.55750
Total Berat Material		5701.87	5701.87

Sumber : Perhitungan Metode Konvensional Penulis

Setelah melakukan perhitungan volume menggunakan metode konvensional, selanjutnya adalah mendapatkan volume menggunakan metode berbasis BIM (*Building Information Modeling*) dengan *Tekla Structures* yang secara sistem perangkat tersebut sudah terintegrasi dan secara otomatis dapat langsung mengeluarkan volume material. Hasil dari perhitungan ini kemudian akan dibandingkan dengan hasil metode konvensional untuk mengetahui selisih volume yang dihasilkan. Maka untuk melakukan perbandingan perhitungan kedua metode, terlebih dahulu perlu mendapatkan nilai volume dari *Tekla Structures*, ada langkah-langkah yang perlu dijalankan untuk mendapatkan perhitungan volumenya dari *Tekla Structures*, adapun langkah-langkah yang dimaksud adalah sebagai berikut :

1. Membuat Pemodelan 3D Struktur
 - a. Struktur rangka baja dimodelkan sesuai gambar perencanaan dalam *Tekla Structures*.
 - b. Setiap elemen diberi spesifikasi material yang sesuai, seperti profil siku, pipa, pelat baja, baut, dan angkur.
2. Menggunakan *Fitur Repot Quantity Take-Off* (QTO)
 - a. Setelah pemodelan selesai, fitur *Report Quantity Take-Off* (QTO) dapat digunakan untuk menghasilkan daftar material (*Bill of Material* - BOM).
 - b. QTO otomatis menghitung panjang total material, jumlah elemen, serta volume baja berdasarkan spesifikasi yang telah dimasukkan dalam model.
3. *Expor* Volume Material
 - a. *Tekla Structures* dapat juga secara otomatis menghasilkan laporan volume material yang dapat diekspor dalam format dokumen *Microsoft Excel*.
 - b. Data ini digunakan untuk keperluan lanjutan jika dibutuhkan.

Pemodelan *Lattice Tower Lightning Protection System*

Pemodelan ini dilakukan berdasarkan gambar perencanaan berbentuk 2D yang kemudian dikonversi ke dalam model 3D menggunakan aplikasi *Tekla Structures*. *Tekla Structures* merupakan *software* berbasis *Building Information Modeling* (BIM) yang memungkinkan pengguna untuk memodelkan, menganalisis, dan menghasilkan data kuantitatif dari suatu struktur secara otomatis.

Membuat *Grid*

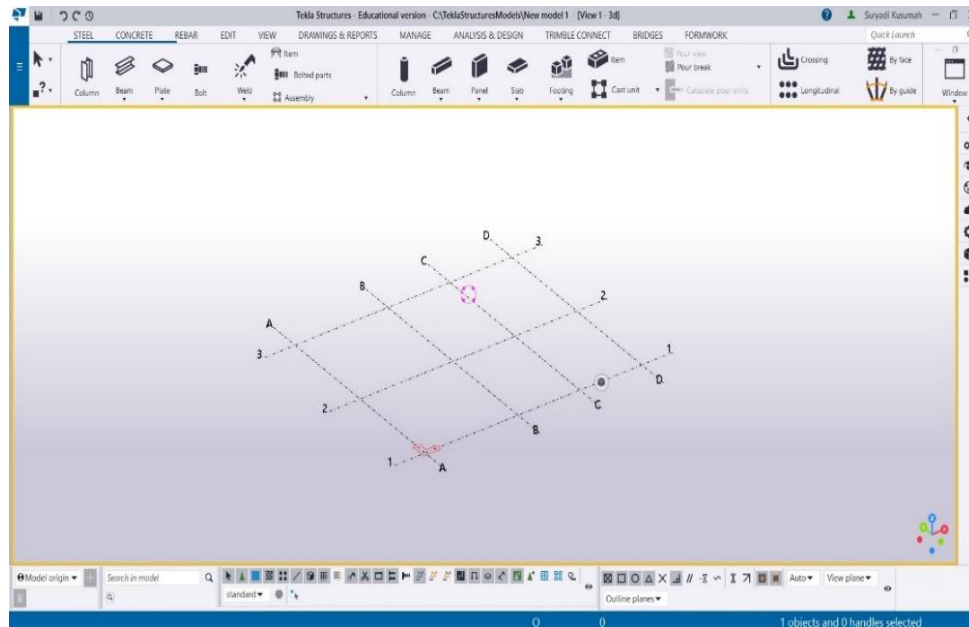
Langkah awal dalam pemodelan adalah membuat grid referensi, yang berfungsi sebagai acuan koordinat dalam penyusunan elemen struktur baja dalam pemodelan rangka struktur, pada tahap awal yang menentukan ukuran-ukuran yang sesuai dengan gambar referensi, tahap pertama yaitu mengatur ukuran sumbu grid yang bertujuan untuk menentukan titik referensi seluruh bentangan sehingga dapat mempermudah proses pengerjaan pemodelan struktur, sumbu grid yaitu sumbu yang mengatur arah koordinat sumbu arah X,Y dan Z (sumbu X arah *horizontal*, sumbu Y arah *vertikal* dan sumbu Z *elevasi*).

Parameter *Grid* dalam Pemodelan *Tekla Structures*:

1. *Grid* X, Y, dan Z : Menyesuaikan dengan tinggi struktur dan jarak antar elemen struktur sesuai gambar gambar.

Perbandingan Volume dan Harga Material Baja *Lattice Tower Lightning Protection System* dengan Tekla Structures (Studi Kasus: PT. Kilang Pertamina Internasional)

- Menentukan titik referensi utama dilakukan dengan melihat posisi kaki menara (*Leg Tower*) dan titik antar sambungan utama.
- Satuan koordinat disesuaikan kebutuhan bisa satuan meter (m) dan milimeter (mm) sesuai dengan spesifikasi gambar teknis, namun pada struktur baja umumnya menggunakan satuan milimeter (mm).



Gambar 3. Tampilan Awal Grid

Sumber: Penulis, *Tekla Structures Education* 2024

Selanjutnya *Grid* dibuat menyesuaikan dengan tinggi menara dan jarak antar elemen struktur.

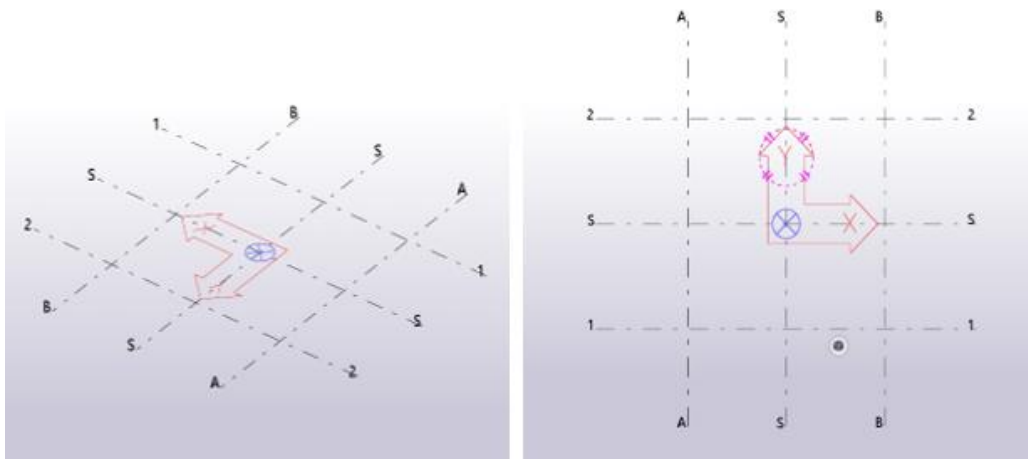
Data Koordinat Grid

- Arah x : 0.00 2*1075.00
- Arah y : 0.00 2*1075.00
- Arah z : 0.00 500.00 2000.00 3500.00 5000.00 11000.00 17000.00 23000.00 23750.00 24500.00 29000.00 33500.00 34250.00 35000.00



Gambar 4. Tampilan Setting Grid

Sumber: Penulis, *Tekla Structures Education* 2024



Gambar 5. Hasil *Grid* sesuai bentangan kaki struktur

Sumber: Penulis, *Tekla Structures Education* 2024

Pemodelan Struktur *Leg* (Kaki Menara)

Leg atau kaki menara adalah elemen utama struktur yang berfungsi sebagai penopang beban utama struktur dan menyalurkan gaya ke fondasi.

Langkah-langkah Pemodelan Struktur *Leg*:

1. Memilih profil material baja siku berdasarkan gambar spesifikasi
2. Menentukan posisi kaki menara berdasarkan grid yang telah dibuat.
3. Menyusun profil kaki menara dengan ketinggian sesuai desain gambar

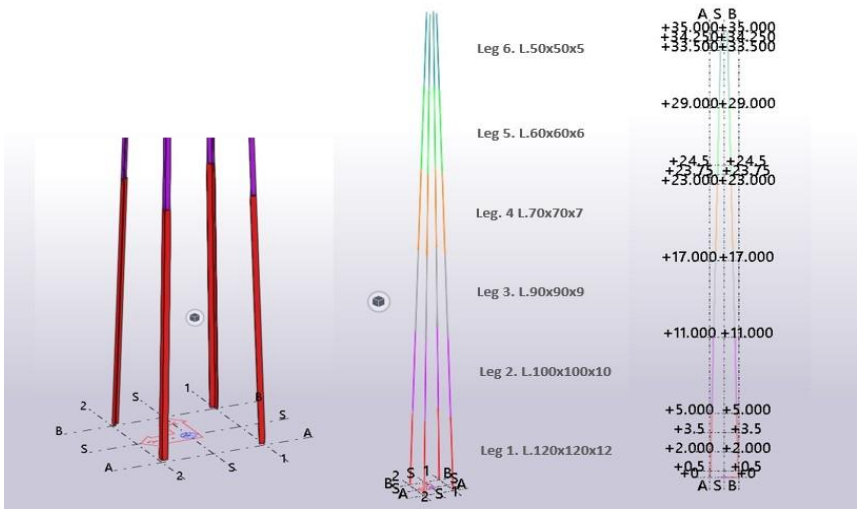
Tabel berikut menyajikan spesifikasi profil baja siku (*L-Profile*) yang digunakan sebagai kaki menara (*Leg Tower*) dalam pemodelan *Tekla Structures*. Informasi yang disertakan meliputi dimensi profil, panjang, serta jumlah yang dibutuhkan.

Tabel 13. Profil Baja Siku Struktur *Leg* Menara

No.	Dimensi (mm)	Panjang per Batang (mm)	Jumlah (buah)
1	L.120x120x12	5362	4
2	L.100x100x10	5995	4
3	L.90x90x9	5995	4
4	L.70x70x7	5995	4
5	L.60x60x6	5995	4
6	L.50x50x5	5623	4

Sumber: Simulasi *Tekla Structures*

Struktur *Leg* dengan jenis material siku tersebut dipasang secara berurutan dimulai dari bawah menara hingga ke bagian paling atas pada menara dan standarnya ukuran dimulai dari siku bagian yang terbesar berada dibawah hingga yang terkecil berada paling atas, pemodelan *leg* pada *software Tekla Structures* dapat dilihat seperti gambar 6



Gambar 6. Pemodelan Seluruh Struktur *Leg Menara*
Sumber: Penulis, *Tekla Structures Education*, 2024

Pemodelan Struktur *Bracing* (Pengaku Silang)

Struktur *Bracing* berfungsi untuk meningkatkan kestabilan struktur menara terhadap beban lateral, seperti angin dan gempa. Struktur *Bracing* ini juga merupakan salah satu bagian rangka struktur *tower* pengikat dengan pola silang benbentuk (X), jenis material *bracing* ini berbeda-beda tergantung kepada desain yang dibuat.

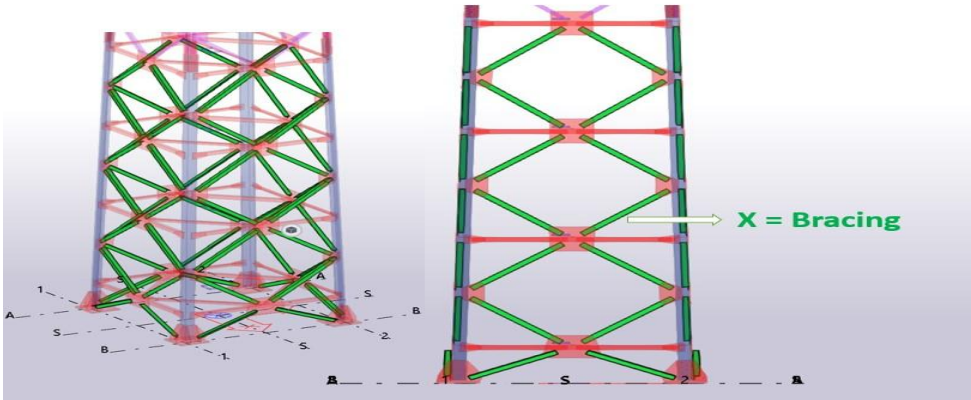
Langkah-langkah Pemodelan Struktur *Bracing*:

1. Menentukan jenis dan ukuran profil baja untuk Struktur *bracing*.
2. Menyesuaikan posisi dan orientasi *bracing* berdasarkan gambar.
3. Menghubungkan *bracing* diagonal dengan kaki menara untuk memastikan kestabilan struktur.

Tabel 14. Profil Baja Siku untuk Struktur *Bracing*

No.	Dimensi (mm)	Panjang per Batang (mm)	Jumlah (buah)
1	L.60x60x6	967 s/d 1076	56
2	L.50x50x5	934 s/d 1008	64
3	L.40x40x4	635 s/d 1797	216

Sumber: Simulasi *Tekla Structures*



Gambar 7. Pemodelan *Member Bracing*
Sumber: Penulis, *Tekla Structures Education*

Pemodelan Struktur *Horizontal* (pengaku horizontal)

Struktur *Horizontal* merupakan penghubung antara kaki menara dan bracing yang menjaga kestabilan lateral dan distribusi beban secara merata. Struktur *Horizontal* merupakan salah satu juga bagian rangka struktur menara pengikat dengan pola horizontal yang membentang pada titik tengah Struktur *bracing* dan penopang beban material Struktur *Plan Bracing* yang berada area atas Struktur *horizontal*.

Langkah-langkah Pemodelan Struktur *Horizontal*:

1. Menentukan jenis dan ukuran profil baja untuk *cross horizontal*.

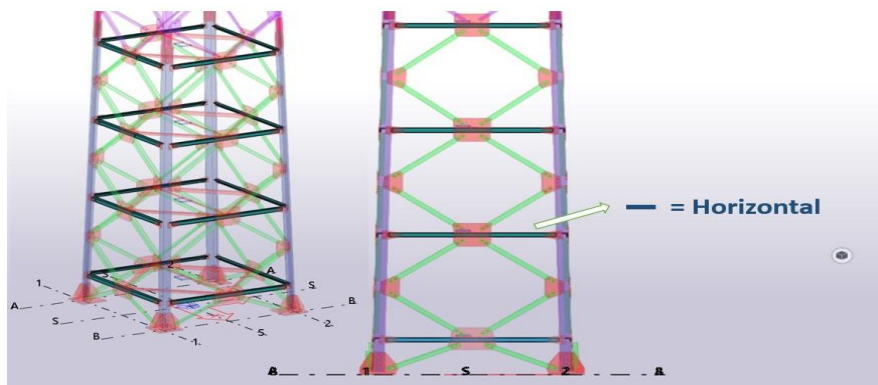
Menempatkan elemen *horizontal* di setiap elevasi menara sesuai gambar perencana, menghubungkan elemen ini dengan kaki menara dan bracing diagonal.

Tabel 15. Profil Baja Siku untuk Struktur *Horizontal*

No.	Dimensi (mm)	Panjang per Batang (mm)	Jumlah (buah)
1	L.60x60x6	1654 s/d 1866	16
2	L.50x50x5	1410 s/d 1622	16
3	L.40x40x4	380 s/d 1985	104

Sumber: Simulasi *Tekla Structures*

Struktur *Horizontal* dengan jenis material siku tersebut dipasang juga secara berurutan dari siku L.60x60x6 berada pada posisi bawah hingga siku L.40x40x4 berada posisi diatas pada menara.



Gambar 8. Pemodelan Struktur *Horizontal*

Sumber: Penulis, *Tekla Structures Education*, 2024

Pemodelan Struktur *Plan Bracing* (Pengaku atas Bidang *Horizontal*)

Struktur *Plan bracing* berada dibagian atas pada Struktur *horizontal* yang berfungsi untuk meningkatkan rigiditas rangka menara dan memastikan kestabilan struktur. Struktur *Plan Bracing* dipasang pada setiap elevasi yang sama dengan Struktur *horizontal* dan selain memiliki fungsi stabilitas struktur, Struktur *Plan Bracing* juga bisa berfungsi sebagai penopang koneksi jalur kabel yang akan dipasang dari bawah hingga kebagian atas perangkat penangkal petir yang berada area tersebut.

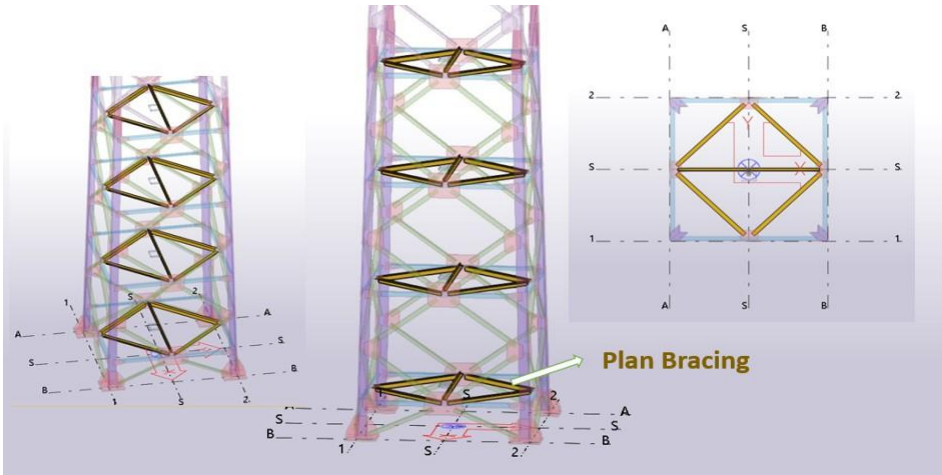
Langkah-langkah Pemodelan Struktur *Plan Bracing*:

1. Menentukan ukuran dan jenis profil baja yang digunakan.
2. Memastikan koneksi terhadap elemen member horizontal.

Tabel 16. Profil Baja Siku untuk Struktur *Plan Bracing*

No.	Dimensi (mm)	Panjang per Batang (mm)	Jumlah (buah)
1	L.60x60x6	1165 s/d 1315	16
2	L.50x50x5	989 s/d 1140	16
3	L.40x40x4	131 s/d 959	112

Sumber: Simulasi *Tekla Structures*



Gambar 9. Pemodelan Struktur *Plan Bracing*

Sumber: Penulis, *Tekla Structures Education*, 2024

Pemodelan Elemen Sambungan

Elemen sambungan meliputi plat sambungan dan baut yang digunakan untuk menghubungkan semua elemen struktur. Sambungan pada struktur baja merupakan komponen pengikat yang tujuannya untuk menyatukan suatu elemen material satuan (*Single Part*) yang terpisah-pisah antara satu dengan yang lain akan disatukan menjadi kesatuan yang utuh. Dengan adanya sambungan ini material yang terpisah-pisah tersebut terhubung menjadi satu kesatuan konstruksi secara utuh, jenis sambungan yang digunakan merupakan sambungan yang fleksibel karena sistem koneksinya menggunakan plat dan baut, dalam sebuah struktur menara baja sambungan sistem ini merupakan yang paling umum digunakan karena struktur menara baja ini adalah rangka batang (*truss*) yang disusun dari material-material terpisah dengan metode pemasangan yang perancangan atau penyusunannya dilakukan dilapangan secara langsung dilapangan oleh erektor.

Langkah-langkah Pemodelan Elemen Sambungan:

1. Menentukan jenis dan ukuran baut berdasarkan standar spesifikasi yaitu ASTM A325 atau setara seperti *Grade 8.8*.
2. Menentukan ukuran dan posisi pelat sambungan berdasarkan gambar refensi
3. Memasukkan elemen baut dan plat ke dalam model 3D dengan koneksi yang benar.

Tabel 17. Ukuran Profil Pelat yang digunakan

No.	Jenis Material	Ketebalan plat (mm)	Kegunaan dalam Struktur
1	Plat Baja	3	Aksesori tambahan
2	Plat Baja	8	Gusset plate (Sambungan simpul)
3	Plat Baja	10	Sambungan utama
4	Plat Baja	12	Flange (Pelat Sambungan pipa)
5	Plat Baja	24	Base plate (pelat dasar dikaki menara)

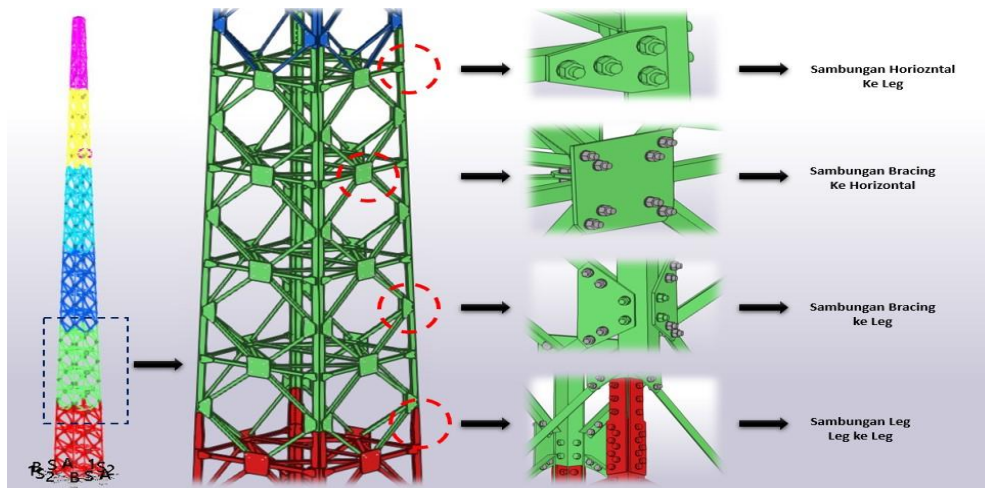
Sumber: Simulasi Tekla Structures

Tabel 18. Jenis Baut yang digunakan

No.	Ukuran Baut (Diameter)	Panjang (mm)	Jumlah Baut (unit)
1	3/4" (M20)	70	80
2	3/4" (M20)	65	48
3	3/4" (M20)	60	174
4	3/4" (M20)	55	448
5	3/4" (M20)	50	352
6	5/8" (M16)	60	48
7	5/8" (M16)	55	56
8	5/8" (M16)	50	304
9	5/8" (M16)	45	1600
10	5/8" (M16)	40	48

Sumber: Simulasi Tekla Structures

Ukuran panjang baut yang dihasilkan oleh *Tekla Structures* menyesuaikan tebal material yang digunakan karena secara otomatis dapat aplikasi membaca sesuai jenis material yang dibuat.

**Gambar 10. Pemodelan Member Sambungan**

Sumber: Penulis, Tekla Structures Education, 2024

Pemodelan Dudukan Penangkal Petir (*Lightning Protectio System*)

Dudukan penangkal petir merupakan bagaian yang utama dan khusus karena tujuan dibuatnya struktur menara ini untuk pemasangan perangkat penangkal petir tersebut yang akan dipasang di atas struktur tower sesuai dengan ketinggian yang sudah direncanakan. material yang digunakan, yaitu :

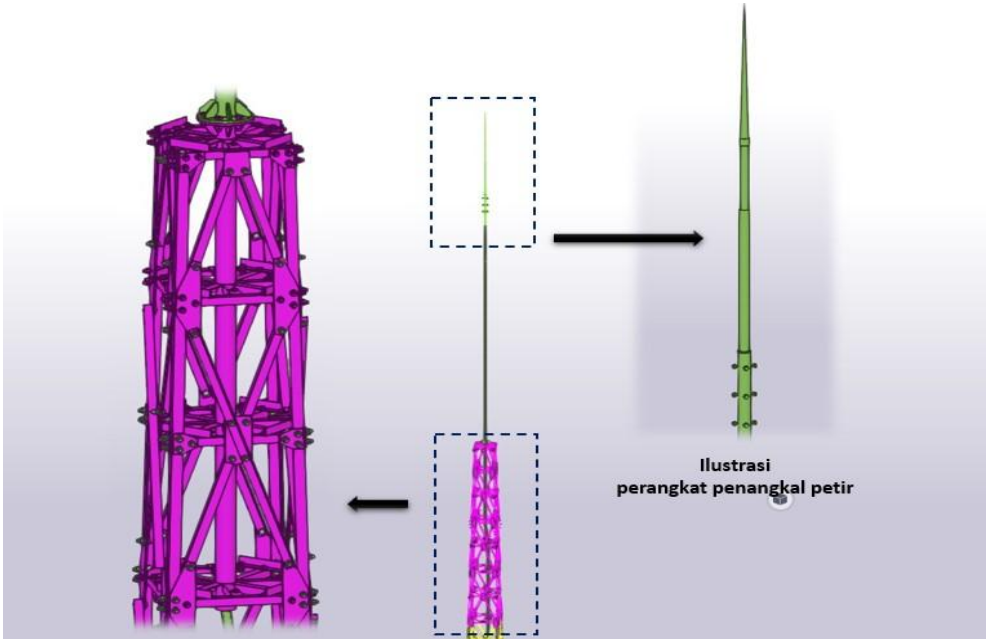
Tabel 19. Material Pipa

No.	Ukuran Pipa	Panjang Total (m)	Jumlah
1	Ø 3"	2.457	1

Sumber: Simulasi *Tekla Structures*

Langkah-langkah Pemodelan Dudukan Penangkal Petir:

1. Menentukan posisi dan ukuran dudukan berdasarkan spesifikasi teknis.
2. Menghubungkan dudukan dengan elemen *plan bracing* sebagai penopang di bagian puncak menara.



Gambar 1. Pemodelan Dudukan Penangkal Petir (*Lightning Protectio System*)

Sumber: Penulis, *Tekla Structures Education*, 2024

Pemodelan Angkur

Angkur merupakan material pengikat antara struktur atas (menara) dan struktur bawah (pondasi), dalam melakukan pemasangan angkur perlu ditopang oleh cetakan (*template*), untuk cetakan angkur tersebut dipasang sesuai dimensi pondasi dan bentangan menara., fungsi dari *template* adalah agar posisi angkur tidak bergeser.

Tabel 20. Metrial Angkur

No.	Ukuran Angkur (mm)	Panjang (mm)	Jumlah
1	Ø 24	Sesuai spesifikasi	32

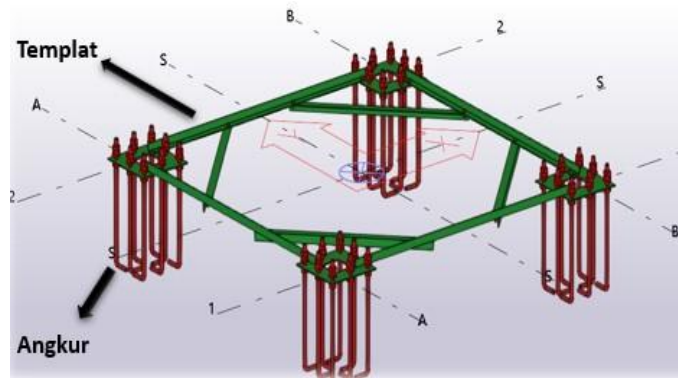
Sumber: Simulasi *Tekla Structures*

Catatan: untuk angkur disediakan oleh pihak owner namun dalam pemodelan perlu dilakukan karena berkaitan dengan pembuatan kaki tower (*base plate*).

Langkah-langkah Pemodelan Angkur:

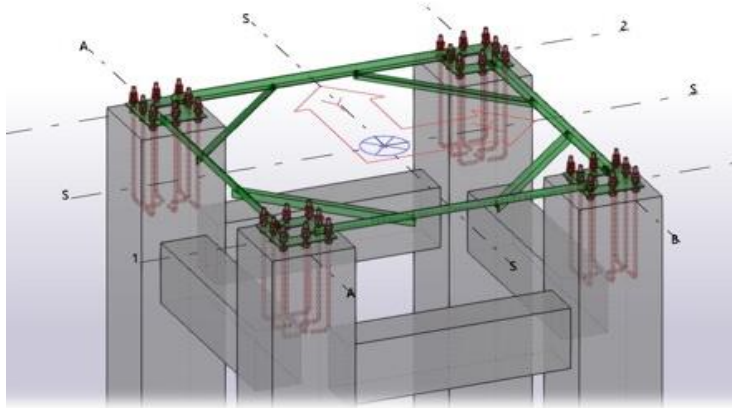
1. Menentukan ukuran angkur berdasarkan spesifikasi desain.
2. Memastikan koneksi antara angkur dan *base plate* sesuai.

Pemodelan Elemen Angkur dan Templat pada *software Tekla Structures* dapat dilihat seperti gambar 12.



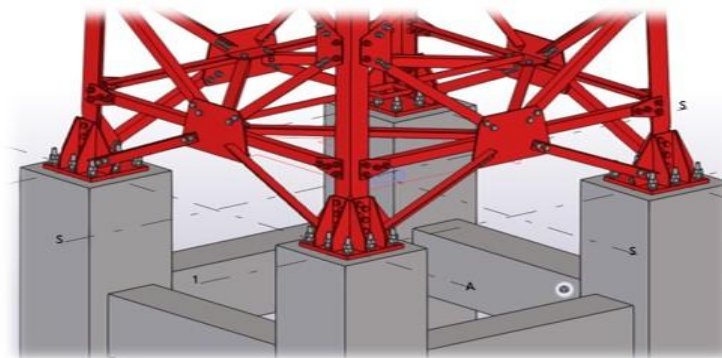
Gambar 2. Pemodelan Setting Angkur dan *Template*

Sumber: Penulis, *Tekla Structures Education*, 2024



Gambar 3. Pemodelan Pemasangan Angkur dan *Template* ke Pondasi

Sumber: Penulis, *Tekla Structures Education*, 2024



Gambar 4. Simulasi Pemodelan Struktur Menara dan Pondasi

Sumber: Penulis, *Tekla Structures Education*, 2024

Hasil Volume *Tekla Structures*

Setelah seluruh pemodelan struktur atas menara selesai dibuat dan dipastikan tidak ada data yang terlewat, langkah selanjutnya adalah menghasilkan volume material berdasarkan data pemodelan. Proses ini dilakukan menggunakan fitur *Report*, yang memungkinkan perhitungan otomatis dari material yang telah dibuat dalam model.

Hasil pengeluaran volume ini akan mencakup informasi berikut:

1. Jenis material yang digunakan, seperti profil siku, pelat, pipa dan baut.
2. Panjang total material berdasarkan elemen struktural dalam model.

3. Jumlah elemen struktural yang dibutuhkan.
4. Volume yang digunakan untuk kebutuhan adalah bentuk berat material baja satuan kilogram.

Selain menghasilkan volume material, *Tekla Structures* juga memiliki kemampuan untuk menghasilkan *output* lainnya, seperti gambar *erection*, gambar kerja untuk fabrikasi, serta laporan *Bill of Material* (BOM). Namun, dalam penelitian ini, pembahasan hanya difokuskan pada hasil perhitungan volume material dalam bentuk berat satuan kilogram untuk keperluan konversi terhadap harga material pembuatan struktur menara.



Profile	Qty	Profile	Grade	Length	Wt
Profile Totals	4	FL10*329.6	S2400	1458	38.0
16(7)	4	FL10*333	S2400	408	10.3
Profile Totals	4	FL10*333	S2400	1635	41.0
17(7)	4	FL10*334.6	S2400	352	10.1
Profile Totals	4	FL10*334.6	S2400	1569	40.5
FL***	1	FL12*240	S2400	240	3.7
Profile Totals	1	FL12*240	S2400	240	3.7
RP***	4	FL24*380	S2400	380	27.2
Profile Totals	4	FL24*380	S2400	1520	108.8
Totals for report	(1348Parts)				4947.0

Gambar 5. VolumeMaterial Profil Siku dan Pelat
Sumber: Penulis, *Tekla Structures Education*,2024

Unit

Report

Tektla Structures bolt report for project number:

Page:1

TITLE: LATTICE TOWER LIGHTNING PRO***

Date:02/25/2025

Standard	Site/Shop	Quantity	Weight/Bolt	Weight (kg)	
JIS	Site	BOLT 20X60	224	0.309	69.216
JIS	Site	BOLT 20X55	520	0.296	153.920
JIS	Site	BOLT 20X50	352	0.284	99.968
JIS	Site	BOLT 16X55	0	0.172	1.376
JIS	Site	BOLT 16X50	325	0.164	53.300
JIS	Site	BOLT 16X45	1672	0.154	257.568
JIS	Site	BOLT 16X40	51	0.149	7.599
JIS	Site	BOLT 8X25	0	0.023	0.184

Total Weight: 646.40

OK

Gambar 6. Volume Baut
Sumber: Penulis, *Tekla Structures Education*,2024

Setelah mendapatkan volume dari Aplikasi *Tekla Structures*, untuk memperjelas volume tersebut dibuat rekapitulasi yang dioleh menggunakan *Microsoft Exel* dan hasil volume dapat dilihat pada Tabel 17.

Tabel 13. Rekapituasi Total Volume Material dari *Tekla Structures*

No.	Jenis Material	Total Berat (kg)	Total Berat (Ton)
1	Profil Baja Siku	3213.15	3.21315
2	Pelat Baja	1706.72	1.70672
3	Pipa Baja	27.13	0.02713
4	Baut	646.40	0.64640
Total Berat Material		5593.40	5.59340

Sumber: Simulasi Perhitungan Penulis

Hasil perhitungan volume material yang diperoleh dari pemodelan *Tekla Structures* dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Gambar 17 menunjukkan volume material, yang terdiri dari profil siku, pelat baja, pipa baja dan baut. Hasil perhitungan Volume dari seluruh elemen struktur tersebut adalah 5593.40 kilogram atau 5.59340 ton.
2. Volume tersebut merupakan hasil dari permodelan geometri dalam bentuk 3D yang sudah disesuaikan dengan gambar rencana dan di konversi ke data fitur *Report* seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.13 sampai 4.14 dan di olah menjadi rekapitulasi.

Estimasi Harga *Lattice Tower Lightning Protection System*

Perhitungan yang tepat sangat diperlukan untuk mendapatkan harga kompetitif, sehingga dapat menghindari anggaran yang melebihi dan anggaran yang kurang dalam proyek. Estimasi harga akan dihitung berdasarkan hasil volume yang diperoleh dari metode konvensional dan *Tekla Structures*. Tujuan utama adalah untuk menganalisis selisih volume dan harga yang dihasilkan dari kedua metode tersebut.

Komponen Biaya Fabrikasi

Harga material meliputi harga bahan baku yang akan digunakan dalam fabrikasi, seperti:

1. Profil Baja Siku (*L-Profile*).
2. Pelat Baja (*Base Plate, Connection Plate*).
3. Pipa Baja (Jika digunakan dalam struktur).
4. Baut (Sebagai elemen pengikat).

Perhitungan harga material dilakukan dengan rumus:

$$\text{Total Harga Material} = \text{Total Berat Material (kg)} \times \text{Harga Satuan Material (Rp/kg)}$$

Sisa Material (*Waste*)

Dalam proyek fabrikasi, selalu ada sisa material (*waste*) yang tidak terpakai akibat pemotongan dan proses produksi lainnya. *Waste* material umumnya dihitung dan dimasukkan kedalam harga berkisar antara 3% -sampai 7% dari total berat baja.

Perhitungan harga waste material dilakukan dengan rumus:

$$\text{Total Harga Waste} = \text{Total Berat Waste (kg)} \times \text{Harga Satuan Material (Rp/kg)}$$

Harga Jasa Fabrikasi

Harga fabrikasi mencakup semua proses pengerjaan baja di workshop fabrikasi,, hal tersebut tentunya memerlukan pengerjaan terkait jasa seperti:

1. Pemotongan (*Cutting*).
2. Pembentukan (*Bending*).
3. Pengeboran (*Drilling*).
4. Pengelasan (*Welding*).
5. Perakitan (*Assembly*).

Perhitungan harga jasa fabrikasi dilakukan dengan rumus:

$$\text{Total Harga Fabrikasi} = \text{Total Berat Material (kg)} \times \text{Harga Fabrikasi per kg (Rp/kg)}$$

Harga *Packing* dan *Mobilisasi*

Setelah fabrikasi selesai, dikerjakan, baja harus di *packing* dan dikirim ke tempat galvanis tentunya ini memerlukan biaya tambahan dan. harga ini mencakup:

- a. Harga pengemasan (*Packing*)
- b. Harga transportasi (*Mobilisasi*) dari *workshop* ke tempat galvanis

Perhitungan harga packing dan mobilisasi dilakukan dengan rumus:

Total Harga *Packing* dan *Mobilisasi* = Total Berat Material (kg) × Harga Packing & Mobilisasi per kg (Rp/kg) yang disatukan (*Include*)

Harga Jasa *Galvanize* (Pelapis Anti Korosi)

Untuk meningkatkan ketahanan struktur baja terhadap korosi, elemen baja harus dilapisi dengan *galvanize* sesuai standar ASTM A123. Harga *galvanize* dihitung berdasarkan berat baja yang akan dilapisi.

Perhitungan harga *galvanize* dilakukan dengan rumus:

Total Harga *Galvanize* = Total Berat Material (kg) × Harga Galvanisasi per kg (Rp/kg)

Analisa Harga Satuan Pekerjaan Fabrikasi

Tahapan berikutnya adalah melakukan analisis menggunakan metode Harga Satuan Pekerjaan Konstruksi (HSPK) dan Standar Nasional Indonesia (SNI). Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) dalam penelitian ini mengacu pada standar yang ditetapkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR), khususnya terkait pekerjaan fabrikasi dan konstruksi baja.

Untuk memastikan keakuratan perhitungan, data harga bahan dan upah diperoleh dari Harga Satuan Perencanaan Pekerjaan Konstruksi di wilayah Kabupaten Bogor. Pendekatan ini bertujuan agar estimasi biaya yang dihitung lebih sesuai dengan kondisi pasar dan regulasi yang berlaku di daerah tersebut.

Tabel 14. Analisa Harga Satuan Pekerjaan Biaya Fabrikasi Menara

No	Uraian	Sat	Koef	Harga Satuan	Jumlah Harga
A Bahan (Raw Material)					
1.1	Material Besi Baja Profil dan Pelat	Kg	1.15	Rp 15,600.00	Rp 17,940.00
1.2	Elektroda Las	Kg	0.4	Rp 50,900.00	Rp 20,360.00
1.3	Bahan <i>Packing</i> (kawat 3mm)	Kg	0.2	Rp 62,300.00	Rp 12,460.00
	Sub Total Bahan				Rp 50,760.00
	Kalkulasi Rata-Rata Harga per kg				Rp 16,920.00
B Galvanize					
2.1	Bahan Pelapis Anti Karat	Kg	1	Rp 5,000.00	Rp 5,000.00
	Sub Total Galvanis per kg				Rp 5,000.00
C Tenaga Kerja Fabrikasi (Jasa)					
3.1	Pekerja	OH	0.038	Rp 84,200.00	Rp 3,199.60
3.2	Tukang Besi	OH	0.013	Rp 100,900.00	Rp 1,311.70
3.3	Kepala Tukang	OH	0.013	Rp 110,000.00	Rp 1,430.00
3.4	Mandor	OH	0.001	Rp 115,500.00	Rp 115.50
	Sub Total Tenaga Kerja				Rp 6,056.80
	Kalkulasi Rata-Rata Harga per kg				Rp 1,514.20
D Peralatan dan Proses Fabrikasi					
4.1	Mesin <i>Cutting</i>	kg	1	Rp 70.00	Rp 70.00
4.2	Mesin <i>Bending</i>	kg	1	Rp 45.00	Rp 45.00
4.3	Mesin <i>Drilling</i>	kg	1	Rp 95.00	Rp 95.00
4.4	Mesin <i>Welding</i>	kg	1	Rp 280.00	Rp 280.00
4.4	<i>Assembly</i>	kg	1	Rp 100.00	Rp 100.00
4.5	Crane (5-10 ton)	jam	1	Rp 225.00	Rp 225.00
4.6	<i>Packing</i>	kg	1	Rp 200.00	Rp 200.00
	Sub Total Tenaga Kerja				Rp 1,015.00

No	Uraian	Sat	Koef	Harga Satuan	Jumlah Harga
E	Total Biaya (A+B+C+D)				Rp 24,449.20
F	Overhead & Profit 15%				Rp 281.17
G	Harga Satuan Pekerjaan				Rp 24,730.37

Sumber : Perhitungan Penulis

Dari hasil perhitungan analisa harga satuan pekerjaan yang telah diuraikan pada tabel 4.18, maka untuk harga satuan per kilogram (kg) biaya fabrikasi didapat nilai Rp 24,730.37.

Rencana Anggaran Biaya (RAB) Fabrikasi

Dari hasil perhitungan Analisa Harga Satuan Pekerjaan yang sudah dibuat tahap selanjutkannya adalah membuat Rencana Anggaran Biaya (RAB) untuk mengetahui harga pengadaan material struktur *Lattice Tower Lightning Protection System* untuk di fabrikasi menggunakan Perhitungan metode konvensional dan metode *Tekla Structures* yang dapat dilihat Tabel 4.19 berikut ini :

Rencana Anggaran Biaya (RAB) Metode Konvensional

Berikut ini adalah perhitungan harga material berdasarkan volume metode konvensional dan volume ini perhitungan yang diberikan oleh pihak pemilik proyek (*Owner*) yang dapat dilihat pada tabel 19.

Tabel 15. Rencana Anggaran Biaya dengan Volume Metode Konvensional

No.	Jenis Pekerjaan	Sat	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
A	Bahan, Jasa dan Peralatan				
1.1	Biaya Pengadaan Material Baja	Kg	5734.49	Rp 16,920.00	Rp 97,027,570.80
1.2	Biaya Galvanis	Kg	5734.49	Rp 5,000.00	Rp 28,672,450.00
1.3	Biaya Tenaga Kerja Fabrikasi	Kg	5734.49	Rp 1,514.20	Rp 8,683,164.76
1.4	Biaya Peralatan dan Fabrikasi	Kg	5734.49	Rp 1,015.00	Rp 5,820,507.35
B.	Waste Material				
2.1	Waste 3.5%	Kg	200.71	Rp 15,600.00	Rp 3,131,031.54
Sub Total					Rp 143,334,724.45
Overhead & Profit 15%					Rp 1,648,349.33
Total Harga 1 Unit Menara					Rp 144,983,073.78

Sumber : Perhitungan dengan data volume dari *Owner*

Hasil perhitungan volume dengan metode konvensional berdasarkan perhitungan *Owner* yang sudah dimasukkan kedalam perhitungan rencana anggaran biaya menghasilkan harga pengadaan material *Lattice Tower Protection System* dengan nilai harga sebesar Rp 144,983,073.78 dari perhitungan volume 5734.49 kg.

Tabel 16. Rencana Anggaran Biaya dengan Volume Metode Konvensional

No.	Jenis Pekerjaan	Sat	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
A	Bahan, Jasa dan Peralatan				
1.1	Biaya Pengadaan Material Baja	Kg	5701.87	Rp 16,920.00	Rp 96,475,640.40
1.2	Biaya Galvanis	Kg	5701.87	Rp 5,000.00	Rp 28,509,350.00
1.3	Biaya Tenaga Kerja Fabrikasi	Kg	5701.87	Rp 1,514.20	Rp 8,633,771.55
1.4	Biaya Peralatan dan Fabrikasi	Kg	5701.87	Rp 1,015.00	Rp 5,787,398.05
B.	Waste Material				
2.1	Waste 3.5%	Kg	199.57	Rp 15,600.00	Rp 3,113,221.02

Sub Total	Rp 142,519,381.02
Overhead & Profit 15%	Rp 1,638,972.88
Total Harga 1 Unit Menara	Rp 144,158,353.91

Sumber : Perhitungan dengan data volume dari penulis

Hasil perhitungan volume dengan metode konvensional yang dilakukan oleh penulis. Perhitungan rencana anggaran biaya menghasilkan harga untuk pengadaan material *Lattice Tower Protection System* dengan nilai harga sebesar Rp 144,158,353.91 dari perhitungan volume 5701.87 kg

Rencana Anggaran Biaya (RAB) Metode Tekla Structures

Berikut ini adalah perhitungan harga material berdasarkan volume metode *Tekla Structures*. yang dapat dilihat pada tabel 21.

Tabel 17. Rencana Anggaran Biaya dengan Volume Tekla Structures

No.	Jenis Pekerjaan	Sat	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
A	Bahan, Jasa dan Peralatan				
1.1	Biaya Pengadaan Material Baja	Kg	5593.40	Rp 16,920.00	Rp 94,640,328.00
1.2	Biaya Galvanis	Kg	5593.40	Rp 5,000.00	Rp 27,967,000.00
1.3	Biaya Tenaga Kerja Fabrikasi	Kg	5593.40	Rp 1,514.20	Rp 8,469,526.28
1.4	Biaya Peralatan dan Fabrikasi	Kg	5593.40	Rp 1,015.00	Rp 5,677,301.00
B.	Waste Material				
2.1	Waste 3.5%	Kg	195.77	Rp 15,600.00	Rp 3,053,996.40
	Sub Total				Rp 139,808,151.68
	Overhead & Profit 15%				Rp 1,607,793.74
	Total Harga 1 Unit Menara				Rp 141,415,945.42

Sumber : Perhitungan Volume *Tekla Structures* Penulis

Hasil perhitungan volume dengan metode *Tekla Structures* yang sudah dimasukkan kedalam perhitungan rencana anggaran biaya menghasilkan harga pengadaan material *Lattice Tower Protection System* dengan nilai harga Rp 141,415,945.42 dari perhitungan volume 5593.40 kg.

Perbandingan Selisih Harga

Setelah dilakukan perhitungan harga berdasarkan dua metode perhitungan volume material dengan Metode Konvensional dan *Tekla Structures*, maka selanjutnya perlu melakukan analisis perbandingan. Perbandingan ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan total biaya fabrikasi baja yang dihasilkan oleh kedua metode serta menilai optimalisasi penggunaannya dalam proyek. Perbedaan dapat disebabkan oleh beberapa faktor utama, seperti:

1. Selisih dalam perhitungan volume material, karena metode konvensional cenderung menghasilkan volume yang sedikit lebih tinggi akibat pembulatan angka dan estimasi manual.
2. Pengoptimalan dalam penggunaan material, sedangkan *Tekla Structures* dapat mengoptimalkan pemakaian material karena mempertimbangkan geometri asli dalam pemodelan 3D dan terintegrasi langsung terhadap perhitungan volume material dibandingkan dengan metode konvensional yang perlu memasukan data secara manual.

Hasil Perbandingan Volume dan Harga

Untuk memahami perbedaan harga dari masing-masing metode, berikut adalah tabel perbandingan hasil estimasi harga berdasarkan total Volume yang diperoleh:

Tabel 18. Perbandingan Volume dan Harga 1
(Perbandingan Perhitungan Volume Dengan Metode Konvensional dari data *Owner* dan *Tekla Structures*)

Kategori	Metode Konvensional	Metode <i>Tekla Structures</i>	Selisih	Persentase
Total Volume (kg)	5734.49	5593.40	141.09	2.52%
Total Harga (Rp)	Rp144,983,073.78	Rp 141,415,945.42	Rp 3,567,128.35	2.52%

Sumber : Perhitungan Penulis

Tabel 19. Perbandingan Volume dan Harga 2
(Perbandingan Perhitungan Volume Dengan Metode Konvensional dari data Penulis dan *Tekla Structures*)

Kategori	Metode Konvensional	Metode <i>Tekla Structures</i>	Selisih	Persentase
Total Volume (kg)	5701.87	5593.40	108.47	1.94%
Total Harga (Rp)	Rp144,158,353.91	Rp 141,415,945.42	Rp 2,742,408.48	1.94%

Sumber : Perhitungan Penulis

Tabel 20. Perbandingan Nilai Rata-Rata Perhitungan
(Perhitungan Rata-Rata Dari Data Tabel 22 dan 23)

Kategori	Metode Konvensional	Metode <i>Tekla Structures</i>	Selisih	Persentase
Total Volume (kg)	5718.18	5593.40	124.78	2.23%
Total Harga (Rp)	Rp144,570,713.84	Rp 141,415,945.42	Rp 3,154,768.42	2.23%

Sumber : Perhitungan Penulis

Hasil Perbandingan:

1. Total harga berdasarkan metode *Tekla Structures* adalah Rp 141,415,945.42 sedangkan metode konvensional menghasilkan harga Rp Rp144,983,073.78 berdasarkan volume yang dikeluarkan oleh pihak *Owner*. Untuk perbandingan lanjutan, penulis sendiri membuat perhitungan dengan metode konvensional dan untuk harga yang didapat adalah Rp144,158,353.91.

2. Selisih perhitungan volume dan harga antara metode konvensional dan *Tekla Structures* yang sudah diuraikan untuk selisih volume 124.78 kg, harga Rp Rp 3,154,768.42 dan rata-rata persentasenya adalah 2.23% baik pada volume maupun harga.

Metode *Tekla Structures* lebih hemat karena menghitung volume berdasarkan geometri asli tanpa *overestimasi*, sedangkan metode konvensional menggunakan tabel berat baja yang bisa menyebabkan kekeliruan dalam estimasi volume.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa perhitungan volume material menggunakan dua metode—metode konvensional dan *Tekla Structures*—menghasilkan hasil yang berbeda. Berdasarkan analisis, volume material yang dihitung dengan *Tekla Structures* adalah 5.593,40 kg, sedangkan metode konvensional menghasilkan rata-rata volume sebesar 5.718,18 kg. Selisih volume sebesar 124,78 kg menandakan bahwa *Tekla Structures* memberikan hasil yang lebih kecil dibandingkan metode konvensional. Selain itu, perhitungan harga pengadaan material menunjukkan bahwa total biaya menggunakan *Tekla Structures* adalah Rp 141.415.945,42, sedangkan metode konvensional mencapai Rp 144.570.713,84, dengan selisih harga sebesar Rp 3.154.768,42 dan persentase perbedaan sebesar 2,23%. Hasil ini menunjukkan bahwa pemanfaatan *Tekla Structures* dapat mengoptimalkan penggunaan material dan menekan biaya pengadaan, serta memberikan visualisasi desain yang lebih jelas, sehingga mengurangi potensi kesalahan dalam pengerjaan.

Saran yang dapat diberikan dalam penelitian ini meliputi pentingnya ketelitian dalam setiap perhitungan, mengingat setiap metode memiliki kelebihan dan kekurangan tersendiri. Pemilihan metode harus disesuaikan dengan kebutuhan proyek dan kemampuan pengguna, di mana pemahaman dan keterampilan dalam mengolah data material serta membaca gambar teknis sangat penting untuk menghasilkan perhitungan yang akurat. Penelitian ini diharapkan dapat memperkaya wawasan mahasiswa dalam bidang teknik sipil dan konstruksi baja, memberikan referensi bagi industri konstruksi dalam pemilihan metode perhitungan yang tepat, serta membantu penulis dalam memperdalam pemahaman mengenai struktur baja dan penerapan teknologi Building Information Modeling (BIM). Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar metode perhitungan diterapkan pada proyek yang lebih kompleks dan dibandingkan dengan perangkat lunak lain seperti *Advance Steel*, sehingga dapat memperoleh wawasan yang lebih luas mengenai efektivitas masing-masing perangkat lunak dalam perencanaan dan fabrikasi konstruksi baja.

REFERENSI

- Arrafi, S., Alamsyah, W., & Purwandito, M. (2023). Penerapan Building Information Modeling (BIM) Pada Gedung Kuliah Pascasarjana IAIN Langsa Menggunakan Software Tekla Structures. *PRINCE: Journal of Planning and Research in Civil Engineering*, 2(1).
- Arystianto, D. P., & Kurniawan, A. M. (2021). Pengaruh Pemanfaatan Aplikasi Building Informasi Modelling (BIM) Tekla Structure Educational Terhadap Pembuatan Shop Drawing Dan Bill Of Material. *PROKONS: Jurnal Teknik Sipil*, vol 15, no.
- Azari, R., Kurniawan, D., & Susanti Yusman, A. (2022). Tinjauan Anggaran Biaya Pembangunan Labor SMP Negeri 3 Bukittinggi Menggunakan Software Tekla Structure. *Ensiklopedia Research and Community Service Review*, 2(1). <https://doi.org/10.33559/err.v2i1.1425>
- Elektro, J. T., & Bali, P. N. (2019). *Sistem Proteksi Terhadap Gangguan Petir Pada Stasiun Pemancar TV I Gede Suputra Widharma , I Nengah Sunaya, I Gusti Putu Arka, I Gde Nyoman Sangka*.
- Emanuel, T., & Prayogo, D. (2023). Prediksi Harga Material Konstruksi Di Indonesia Dengan Menggunakan Least Squares Support Vector Machine. *Dimensi Utama Teknik Sipil*, 10(1). <https://doi.org/10.9744/duts.10.1.104-119>
- Fadillah, M. (2022). Quantity Take-Off Pekerjaan Struktur Berbasis Building Information Modeling (Bim) Pembangunan Gedung Kantor Pelayanan Pajak Pratama Balige. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 2(1).
- FatchulnMu'in. (2019). *Pendidikan Karakter Konstruksi Teoritik & Praktik* (M. Sandra, Ed.; Cetakan II). AR-RUZZ MEDIA (Perpustakaan Nasional:Katalog Dalam Terbitan).
- Handayani, E., Nuklirullah, M., & Gafur, E. (2021). Analisa Perbandingan Koefisien Harga Satuan Bahan Material Pekerjaan Revitalisasi Pasar Rakyat Desa Tanjung Type D. *Jurnal Talenta Sipil*, 4(2). <https://doi.org/10.33087/talentasipil.v4i2.71>
- Karsun, K., Rozak, O. A., & Ramadhan Nurhadi, M. Z. (2023). Penggunaan Elektrostatis Sebagai Proteksi Petir Plts On-Grid Pada Gedung B Universitas Pamulang. *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, 11(3s1). <https://doi.org/10.23960/jitet.v11i3s1.3497>
- Mahamood, S. Z. H., & Fathi, M. S. (2022). Seismic building design work process using building information modeling (BIM) technology for Malaysian Government projects. *International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment*, 13(2), 211–232.
- Pardosi, K. F., & Khatimi, H. (2022a). Implementation Of 4d Building Information Modeling (BIM) Using Tekla Structures. *Cerucuk*, 6(2). <https://doi.org/10.20527/crc.v6i2.5833>
- Pardosi, K. F., & Khatimi, H. (2022b). Implementation Of 4d Building Information Modeling (BIM) Using Tekla Structures (Case Study: Follow-on Project of the Tapin Regency Regional Secretariat Office Building). *Civil Engineering Journal University of Lampung Mangkurat Createrd From South Kalimantan (CERUCUK)*, 6(2).
- Sanjaya, F. W., & Martina, N. (2024). Perbandingan Volume Struktur Harbour Road Ii Dengan Metode Konvesional Dan BIM. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil*, 6(1), 267–277.

- Sholeh, M. N. (2023). *Kewirausahaan Konstruksi Strategi Membangun Bisnis Teknik Sipil*. Universitas Diponegoro.
- Soebandono, B., Hergantoro, G. S., & Priyo, M. (2022). Implementasi Building Information Modelling (BIM) Menggunakan Tekla Structures Pada Konstruksi Gedung. *Bulletin of Civil Engineering*, 2(1), 1–6.
- Sthanu, I. , S. I. W. , & S. I. W. (2022). *Analisis Perbandingan Volume Pekerjaan Struktur Menggunakan Tekla Structures Dengan Metode Konvensional Pada Proyek Pembangunan Gedung Pastoran Santo Paulus Singaraja (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Bali)*.
- Sulaiman, A. (2016). Memahami teori konstruksi sosial Peter L. Berger. *Society*, 4(1), 15–22.
- Tjioetama, R. T., Sompie, S. R. U. A., & Najoran, X. B. N. (2018). Aplikasi Informasi Harga Material Bangunan Berbasis Android. *Jurnal Teknik Informatika*, 13(2). <https://doi.org/10.35793/jti.13.2.2018.22496>



© 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY SA) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)